

5. Иванова Н. С. Исследование сопряженности восстановительно-возрастной динамики древостоя и подчиненных ярусов в коротко-производных березняках западных низкогорий Южного Урала // Аграрный вестник Урала. 2009. № 1. С. 76–79.
6. Иванова Н. С., Быстрой Г. П., Охотников С. А., Золотова Е. С. Модель восстановительно-возрастной динамики лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4. URL: www.science-education.ru/98-4754.
7. Изюмский П. П. Таксация тонкомерного леса. М.: Лесная промышленность, 1972. 88 с.
8. Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
9. Куклин А. А., Быстрой Г. П., Калина А. В., Ойхер Д. Я., Комаровская А. А. Проблемы исследования наркотизации регионов России. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 53 с.
10. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
11. Новицкий М. В., Донских И. Н., Чернов Д. В. и др. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие. СПб.: Проспект Науки, 2009. 320 с.
12. Усольцев В. А. Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев. Екатеринбург, УрО РАН, 1997. 216 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК В СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЯХ: ИНДИВИДУАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД

А. Н. Колобов

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН

Одним из мероприятий, позволяющих в значительной степени удовлетворять потребности лесного хозяйства в древесине, обеспечивать лесовозобновление без смены пород естественным путем и сохранять полезные многообразные функции лесов, являются выборочные и постепенные рубки. В работе приводятся результаты моделирования различных сценариев выборочных рубок на основе имитационной модели динамики смешанных древесных сообществ. Используемый в модели индивидуально-ориентированный подход, подразумевающий описание роста каждого дерева в зависимости от его видовой специфики и положения в древостое, позволяет легко имитировать различные виды рубок. Деревья размещены в пространстве и оказывают взаимное влияние друг на друга через изменение, в результате конкуренции, доли световых ресурсов, приходящихся на данное растение. Горизонтальная плоскость моделируемого участка представляет собой целочисленную имитационную решетку с расположенными на ней деревьями (рис. 1 а). Такое разбиение непрерывного пространства облегчает алгоритмы рассеивания семян, поиска ближайших соседей и хранения информации (рис. 1 б).

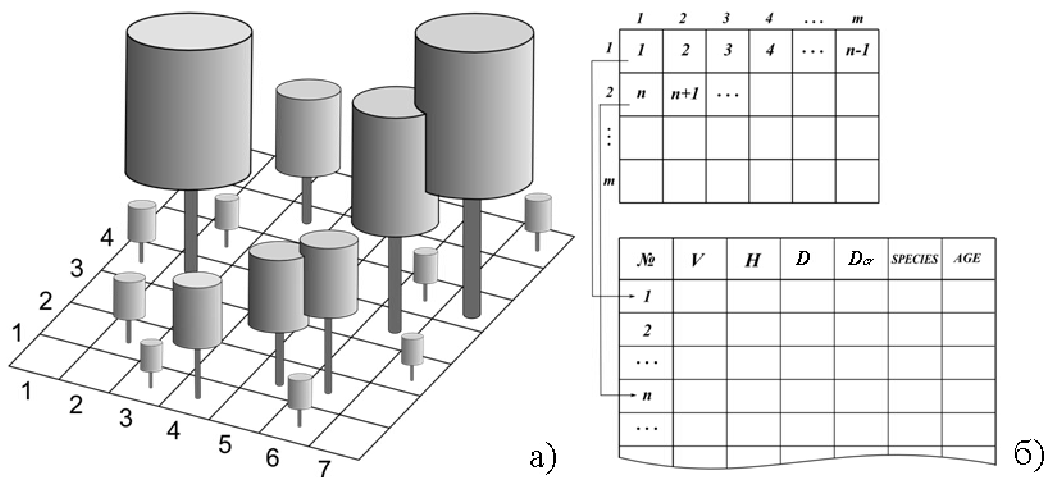


Рис. 1. Размещение деревьев на имитационной решетке (а), организация хранения и поиска информации содержимого ячеек координатной сетки моделируемого участка (б).

Рост каждого дерева в сообществе описывается следующей системой уравнений, позволяющей вычислять объем, высоту и диаметр ствола на каждом шаге моделирования с учетом влияния конкуренции со стороны рядом стоящих деревьев:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dV_i}{dt} = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \sum_{k=1}^{N_{ij}} \left(\frac{P_{im} \cdot b_i \cdot V_i^{2/3} \cdot \frac{1}{N_{ij}}}{p_i} \cdot \ln \left(\frac{P_{im} + a_i \cdot Q_{ijk}}{P_{im} + a_i \cdot Q_{ijk} \cdot \exp(-p_i V_i^{d_i})} \right) \right) - c_i V_i H_i \\ \frac{dH_i}{dt} = (l_i + m_i \cdot H_i) \cdot \left(R(Q_i) - \frac{H_i}{H_{i\max}} \right) \\ D_i = \sqrt{\frac{4V_i}{\pi H_i f(V_i)}} \end{array} \right. ,$$

где V_i, H_i, D_i – объем, высота и диаметр ствола i -го дерева; a_i – начальный наклон кривой продуктивности; P_{im} – максимальная интенсивность фотосинтеза единицы листовой поверхности; p_i – коэффициент поглощения света; b_i – параметр, характеризующий приток энергии; c_i – коэффициент пропорциональности расходов энергии на транспорт ассимилятов; d_i – фрактальная размерность кроны ($0 < d < 1/3$); $R(Q_i)$ – коэффициент конкуренции, зависящий от интенсивности света; L – количество направлений светового потока, падающего на наружную поверхность кроны; N_{ij} – число ячеек наружной поверхности кроны i -го дерева, на которые падает свет в j -ом направлении; Q_{ijk} – доля солнечной радиации, падающей на k -ую ячейку наружной поверхности кроны i -го дерева в j -ом направлении. Отмирание деревьев происходит в результате естественного старения и конкуренции за свет.

Моделирование выборочных рубок осуществлялось для сообщества темнохвойных видов ели аянской и пихты белокорой на площадке размером

40×40 м. Производилось изъятие деревьев в объеме 30 % от общего запаса с периодичностью 10, 30, 40 и 60 лет. Общий запас древесины рассчитывался как сумма объема стволов на участке с диаметром выше 6 см, что соответствует круглым лесоматериалам хвойных пород. Деревья вырубались начиная с максимального диаметра и ниже, пока не был получен необходимый процент по запасу. Эффективность стратегии лесопользования оценивалась по количеству изъятых древесины и степени восстановления структуры древесного сообщества до прежнего состояния. Результаты моделирования показали, что при рубках с повторяемостью 30, 40 и 60 лет наблюдается увеличение общего запаса по сравнению с начальной величиной. Такой рост возникает в результате перераспределения освободившихся световых ресурсов между деревьями нижних ярусов, находившихся в угнетенном состоянии. В данном случае увеличивается количество деревьев малого и среднего диаметров. В таблице 1 приведены характеристики рассматриваемых режимов рубок, которые показывают, что средний объем вырубленной за один раз древесины и общий запас деревьев, вырубленных за 200 лет, уменьшается с увеличением периода изъятия. Уменьшение интервала между рубками приводит к снижению значений максимального и минимального диаметра вырубляемых деревьев, что сказывается на качественных характеристиках заготавливаемой древесины (таблица 1).

Таблица 1. Характеристики различных режимов рубок

Режим рубок	Средний объем изъятия за одну рубку, м ³	Общий объем изъятия за 200 лет, м ³	Максимальный диаметр изъятых деревьев, см	Минимальный диаметр изъятых деревьев, см
10 лет, 30%	22,8	456,8	24	16
30 лет, 30%	22	131,8	28	20
40 лет, 30%	21,7	108,7	29	22
60 лет, 30%	19,7	59,2	32	22

Анализ распределений по ступеням толщины диаметров ствола показал, что при рубках с периодичностью 10, 30 лет структура древостоя не успевает прийти к прежнему виду, отсутствуют деревья с диаметром выше 24 см для первого случая и 28 см для второго случая, возрастает количество деревьев среднего диаметра (особенно значительно это проявляется в первом варианте). Распределения диаметров ствола, наиболее близко соответствующие первоначальному состоянию древостоя, наблюдаются в третьем и четвертом сценариях рубок, хотя здесь также отсутствуют деревья последней ступени толщины (рис. 2). Данную проблему можно решить, если удалять деревья не последовательно, начиная с большего диаметра, а случайным образом.

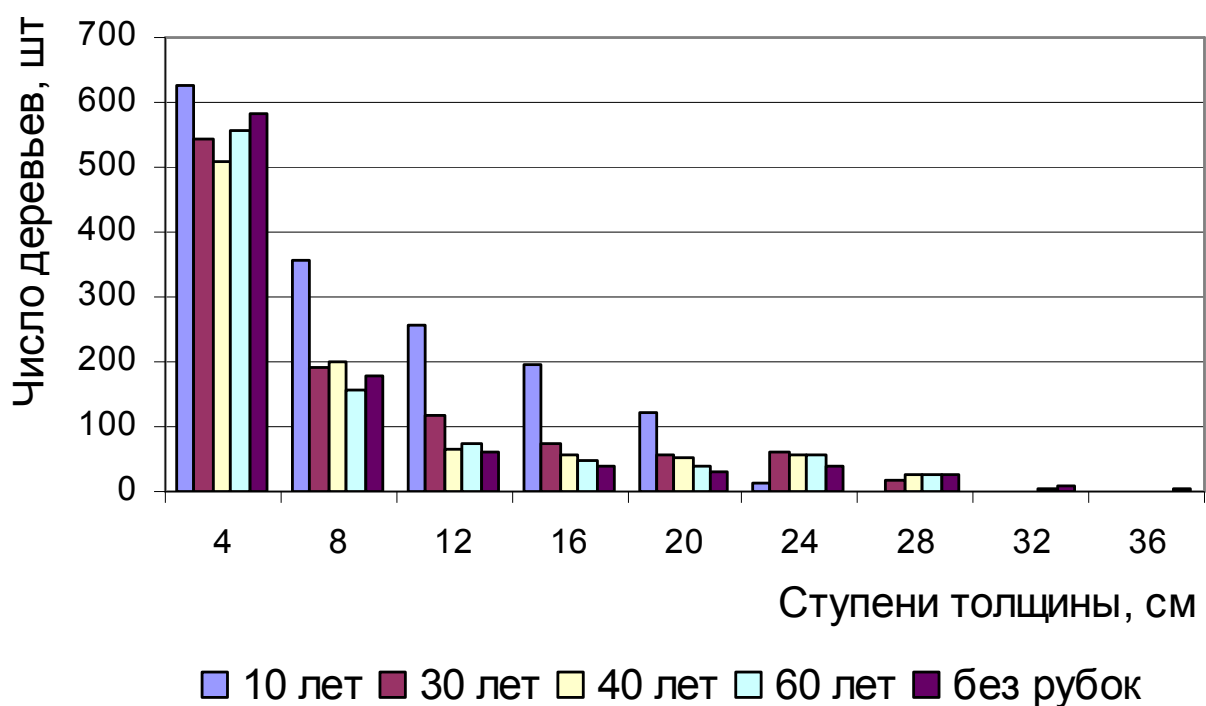


Рис. 2. Распределение по ступеням толщины диаметров ствола при естественном развитии древостоя и после рубок с периодом 10, 30, 40 и 60 лет.

Таким образом, моделирование различных режимов выборочных рубок показало, что первый сценарий обеспечивает максимальное количество древесины, вырубаемой за 200 лет, по сравнению с остальными. Во втором сценарии количество изымаемой древесины является большим, чем в третьем, но по качественным характеристикам, отражающим величину диаметра стволов вырубаемых деревьев, они не сильно отличаются друг от друга (таблица 1). Данная стратегия с периодичностью рубок 30 лет может служить компромиссом между количеством и качеством заготавливаемой древесины. При изъятии деревьев в объеме 30% от общего запаса каждые 60 лет структура древостоя наиболее близко соответствует исходному состоянию, что может быть приемлемым при необходимости сохранять экосистему в первоначальном виде.

Исследования проведены в рамках комплексной программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (№ 42 П).